

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-158486  
 (43)Date of publication of application : 31.05.2002

(51)Int.Cl. H05K 9/00  
 H01F 1/00  
 H04B 15/00

(21)Application number : 2000-391623  
 (22)Date of filing : 17.11.2000

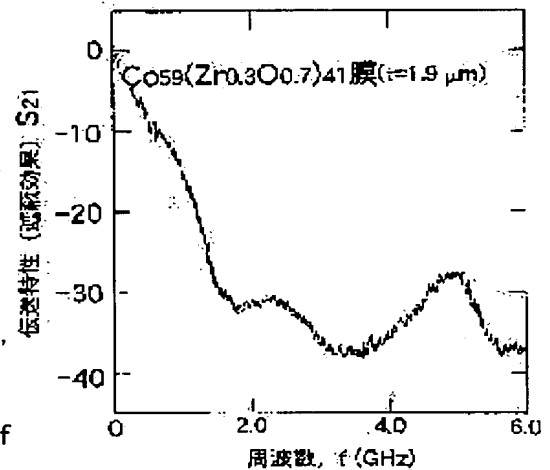
(71)Applicant : RES INST ELECTRIC MAGNETIC ALLOYS  
 (72)Inventor : ONUMA SHIGEHIRO  
 KOBAYASHI NOBUKIYO  
 MASUMOTO TAKESHI

## (54) ELECTROMAGNETIC WAVE ABSORBING FILM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a electromagnetic wave absorbing film which is formed of nano-granular soft magnetic film that is large in electric resistivity, saturation magnetization, and anisotropic magnetic field, and has a large absorbing characteristic of electromagnetic wave in the GHz band.

**SOLUTION:** This electromagnetic wave absorbing film is formed of nano-granular soft magnetic film, which is represented by a general expression, M100-XIX (M is highly densely distributed ferromagnetic fine grains that are made of either of Co and Ni or more than two kinds of elements and have a particle size of 10 nm or less, and I is a grain boundary substance made of insulator such as an oxide, nitride, or fluoride, etc., surrounding the ferromagnetic fine grains of M, and an atomic ratio X of I is  $10 < X < 50$ ), and which has a saturation magnetization of 6 kG or higher, anisotropic magnetic field of 30 Oe or more, and electric resistivity of  $150 \mu\Omega\text{cm}$  or more and has a value of the imaginary part of the complex permeability of 30 or more in the GHz band.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-158486  
(P2002-158486A)

(43)公開日 平成14年5月31日(2002.5.31)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 5 K 9/00		H 0 5 K 9/00	M 5 E 0 4 0
H 0 1 F 1/00		H 0 4 B 15/00	5 E 3 2 1
H 0 4 B 15/00		H 0 1 F 1/00	C 5 K 0 5 2

審査請求 未請求 請求項の数9 書面 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-391623(P2000-391623)

(22)出願日 平成12年11月17日(2000.11.17)

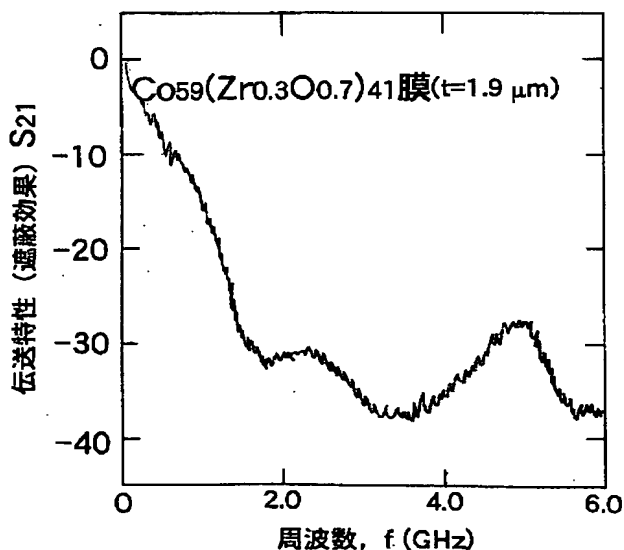
(71)出願人 000173795  
財団法人電気磁気材料研究所  
宮城県仙台市太白区八木山南2丁目1-1  
(72)発明者 大沼 繁弘  
宮城県仙台市太白区人來田1丁目27番27号  
(72)発明者 小林 伸聖  
宮城県名取市ゆりが丘5丁目12番10号  
(72)発明者 増本 健  
宮城県仙台市青葉区上杉3丁目8番22号  
Fターム(参考) 5B040 CA13  
5E321 AA14 BB23 BB25 BB44 CC16  
GG07 GG11 GH03  
5K052 AA02 BB01 DD15 DD27 FF36

(54)【発明の名称】 電磁波吸収膜

(57)【要約】

【課題】本発明は、電気比抵抗、飽和磁化と異方性磁界が共に大きく、且つGHz帯域で大きな電磁波の吸収特性を有するナノグラニューラー軟磁性膜からなる電磁波吸収膜を提供することにある。

【解決手段】本発明は、一般式 $M_{100-x}I_x$ で表され、MはFe、Co及びNiのいずれか1種または2種以上の元素からなる10nm以下の粒径を有する強磁性微粒子が高密度に分布してなり、IはMからなる強磁性微粒子を囲む酸化物、窒化物又はフッ化物等の絶縁物からなる粒界物質であり、当該Iの原子比Xが $10 < X < 50$ であり、6kG以上の飽和磁化、300e以上の異方性磁界及び $150 \mu\Omega\text{cm}$ 以上の電気比抵抗を有し、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが30以上であるナノグラニューラー軟磁性膜からなることを特徴とする電磁波吸収膜である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】一般式 $M_{100-x}I_x$ で表され、MはFe、Co、及びNiのいずれか1種又は2種以上の元素からなる10nm以下の粒径を有する強磁性微粒子で、高密度に分布してなり、IはMからなる強磁性微粒子を囲む酸化物、窒化物又はフッ化物のいずれか1種又は2種以上の絶縁物からなる粒界物質であり、当該Iの原子比Xが $10 < X < 50$ で、飽和磁化6kG以上、異方性磁界300e以上及び電気比抵抗 $150 \mu\Omega\text{cm}$ 以上を有し、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが30以上であるナノグラニューラ軟磁性膜からなることを特徴とする電磁波吸収膜。

【請求項2】Iの原子比Xが、 $20 < X < 40$ であり、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが50以上であるナノグラニューラ軟磁性膜からなることを特徴とする請求項1記載の電磁波吸収膜。

【請求項3】Iが、Al-N、Al-O、Zr-O、Hf-O、RE-O（RE：希土類元素）、Mg-F及びCa-Fのいずれか一種又は2種以上の絶縁物質で、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが80以上であるナノグラニューラ軟磁性膜からなることを特徴とする請求項1又は2に記載の電磁波吸収膜。

【請求項4】飽和磁化8kG以上、異方性磁界700e以上及び電気比抵抗 $500 \mu\Omega\text{cm}$ 以上の値を有し、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが100以上であるナノグラニューラ軟磁性膜からなることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の電磁波吸収膜。

【請求項5】異方性磁界が300e以上になるように、 $100^\circ\text{C}$ 以上 $400^\circ\text{C}$ 以下の温度範囲において、静磁界又は回転磁界中で熱処理されたナノグラニューラ軟磁性膜からなることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の電磁波吸収膜。

【請求項6】スパッタ蒸着法等の物理的成膜法又は化学的成膜法により、作製したナノグラニューラ軟磁性膜からなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の電磁波吸収膜。

【請求項7】Mが、Pd及びPtの1種又は2種合計の組成比で3%以下を含み、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが80以上であるナノグラニューラ軟磁性膜からなることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の電磁波吸収膜。

【請求項8】請求項1ないし7のいずれか1項に記載のナノグラニューラ軟磁性膜と絶縁物、非磁性物質又は強磁性物質からなる薄膜とを交互に積層させた多層膜において、GHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが80以上であることを特徴とする電磁波吸収膜。

【請求項9】全膜厚が、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $5 \mu\text{m}$ 以下であるナノグラニューラ軟磁性膜からなることを特徴とする請求項1ないし8のいずれか1項に記載の電磁波吸収

膜。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は1GHz以上の高周波帯域で大きな電磁波吸収効果を示す電磁波吸収膜に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年の高度情報化社会における機器は、小型化とともに動作周波数の高周波化が加速度的に進んでいる。代表的なものがパーソナル・コンピュータであり、その中央演算処理装置の動作周波数は1GHzを越えつつある。その他、通信機器では、携帯電話（0.9、1.5、1.9GHz）、衛星放送（11.7～12.0GHz）、無線LAN（2.45、5.0、19.0GHz）などが実施、もしくは検討されている。さらに、高度道路交通システム（ITS）におけるノンストップ自動料金収受システム（ETC）（5.8GHz）、追突防止レーダー（7.6GHz）等が用いられるようになっており、今後ますますGHz帯域での高速、高集積な半導体集積素子の利用は増加することが予想される。これらの半導体素子や電子回路において、最近、不要輻射などのEMI（電磁波障害）が盛んに指摘されて、大きな問題になっており、かつ機器の小型化や高性能化を阻害する重大な技術的要因となっている。その総合的な対策としてEMC（環境電磁工学）が重視され、この分野の研究が盛んになり始めている。

【0003】機器の駆動周波数が数kHz～数MHzの電磁遮蔽は装置毎に軟磁性材料で覆い、遮蔽すれば良かったが、それが数10～数100MHzになると回路ブロック毎にシールドする必要がある。そして、さらに高いGHz以上の電子機器では、電磁波の波長が個々のデバイスや配線のスケールとほぼ同程度になるため、従来のEMCのやり方や材料では対応ができなくなっている。高周波帯域での微細な部分からノイズ電波を遮蔽するためには、新しい方法（マイクロEMC）や、そのための材料が必要である。

【0004】最近、高周波帯における電磁波の吸収体として、磁性体の磁気損失を利用する方法が注目されている。磁性体の磁気損失を利用した不要輻射減衰の作用機構は、ノイズ源と磁気損失材料との位置関係などにより異なってくるが、磁性体がノイズ伝送路の直近にあるような場合には、伝送路に等価的な抵抗成分が付与されることによって、高周波電流が抑制されることが分っている。ここで等価的な抵抗成分の大きさは、磁気損失項もしくは複素透磁率の虚数部（ $\mu''$ ）の大きさに依存し、磁性体の面積が一定の場合には $\mu''$ の大きさにほぼ比例する。しかし、従来の材料はいずれもGHz以上での透磁率の虚数部は10前後もしくはそれ以下と小さいため、十分な遮蔽効果を得るためには遮蔽材の厚さを1mm以上にする必要があった。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような厚い材料は、微細加工が難しく、かつ遮蔽部から放熱が困難であり、遮蔽材の自己発熱をも伴うため、マイクロEMCの領域に適用することは極めて困難である。そのため、マイクロEMC用として所望のノイズ減衰を得るためには、極めて薄い磁性体で、相当地に大きな $\mu$ を有する膜が必要となる。また素子の作製工程中に、同時に遮蔽膜を作製できることが望まれる。

【0006】本発明は上記の点を鑑みてなされたもので、1GHz以上の高周波帯域で透磁率の虚数部が大きな値を示すナノグラニューラー軟磁性膜からなる電磁波吸収膜を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者らは上記の事情を鑑みて鋭意努力した結果、粒界に少量のセラミックスを含むナノグラニューラー軟磁性膜において、厚さが $\mu\text{m}$ サイズでも十分な電磁波吸収効果を、広いマイクロ波(GHz)帯域で示す膜が得られることを見出し、本発明に至ったものである。

【0008】本発明の特徴とするところは次の通りである。第1の発明は、一般式 $M_{100-x}I_x$ で表され、MはFe、Co、及びNiのいずれか1種又は2種以上の元素からなる10nm以下の粒径を有する強磁性微粒子で、高密度に分布してなり、IはMからなる強磁性微粒子を囲む酸化物、窒化物又はフッ化物のいずれか1種又は2種以上の絶縁物からなる粒界物質であり、当該Iの原子比Xが $10 < X < 50$ で、飽和磁化6kG以上、異方性磁界300e以上及び電気比抵抗 $150\mu\Omega\text{cm}$ 以上を有し、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが30以上であるナノグラニューラー軟磁性膜からなることを特徴とする電磁波吸収膜に関する。

【0009】第2の発明は、Iの原子比Xが、 $20 < X < 40$ であり、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが50以上であるナノグラニューラー軟磁性膜からなることを特徴とする第1発明の電磁波吸収膜に関する。

【0010】第3の発明は、Iが、Al-N、Al-O、Zr-O、Hf-O、RE-O (RE:希土類元素)、Mg-F及びCa-Fのいずれか一種又は2種以上の絶縁物質で、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが80以上であるナノグラニューラー軟磁性膜からなることを特徴とする第1又は2発明の電磁波吸収膜に関する。

【0011】第4の発明は、飽和磁化8kG以上、異方性磁界700e以上及び電気比抵抗 $500\mu\Omega\text{cm}$ 以上の値を有し、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが100以上であるナノグラニューラー軟磁性膜からなることを特徴とする第1ないし3発明の電磁波吸収膜に関する。

【0012】第5の発明は、異方性磁界が300e以上になるように、100℃以上400℃以下の温度範囲において、静磁界又は回転磁界中で熱処理されたナノグラニューラー軟磁性膜からなることを特徴とする第1ないし4発明の電磁波吸収膜に関する。

【0013】第6の発明は、スパッタ蒸着法等の物理的成膜法又は化学的成膜法により、作製したナノグラニューラー軟磁性膜からなることを特徴とする第1ないし5発明の電磁波吸収膜に関する。

【0014】第7の発明は、Mが、Pd及びPtの1種又は2種合計の組成比で35%以下を含み、且つGHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが80以上であるナノグラニューラー軟磁性膜からなることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の電磁波吸収膜に関する。

【0015】第8の発明は、請求項1ないし7のいずれか1項に記載のナノグラニューラー軟磁性膜と絶縁物、非磁性物質又は強磁性物質からなる薄膜とを交互に積層させた多層膜において、GHz帯域での複素透磁率の虚数部の大きさが80以上であることを特徴とする電磁波吸収膜に関する。

【0016】第9の発明は、全膜厚が、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下であるナノグラニューラー軟磁性膜からなることを特徴とする第1ないし8発明の電磁波吸収膜に関する。

## 【0017】

## 【作用】

【0018】特定の周波数帯域で大きな電磁波吸収効果を示す物質を得るためには、その周波数帯域で透磁率の虚数部( $\mu$ )が大きな値を示す材料が必要である(吉田等、マグネティックス研究会資料、00-1-7、MS-6-7)。すなわち、GHz帯域で優れた電磁波吸収特性を持つ磁性材料を得るためには、GHz帯域で大きな $\mu$ を示す材料が必要となり、その材料には大きな飽和磁束密度(Bs)、異方性磁界(Hk)及び電気比抵抗( $\rho$ )を併せ持つことが求められる(細野等、日本応用磁気学会誌、12、(1988)295)。一般式 $M_{100-x}I_x$ で表される本発明のナノグラニューラー軟磁性膜(M:強磁性金属、I:絶縁物からなる粒界物質)は6kG以上の大きなBs、300e以上のHk及び $150\mu\Omega\text{cm}$ 以上の $\rho$ を有するため、目的とするGHz帯域で優れた電磁波吸収特性を示す。但し、Xが50%以上になると、超常磁性膜になるため、大きな $\mu$ は得られない。また10%未満では、膜の $\rho$ が極端に小さくなるとともに、垂直磁化膜になってしまうため、 $\mu$ は30以下と小さくなるので好ましくない。

【0019】粒界を形成するIは、必ずしも酸化物ばかりでなく、生成熱が大きい物質であれば、窒化物でも、フッ化物でも構わない。ナノグラニューラー磁性膜の粒径が10nm以上になると、膜は大きな保磁力(Hc)と

ともに垂直磁化膜になるので、大きな $\mu''$ は実現しない。

【0020】ナノグラニューラー軟磁性膜の $B_s < 6 \text{ kG}$ で $H_k < 300 \text{ e}$ の場合は共鳴周波数が $500 \text{ MHz}$ 以下となるので、たとえ $\rho$ が大きくても、 $\mu''$ のピークは $1 \text{ GHz}$ に達しない。また、 $B_s$ や $H_k$ が大きくても、 $\rho < 150 \mu\Omega \text{ cm}$ の場合はうず電流損失が大きくなるため、 $\mu''$ のピークは小さくなる。

【0021】一方、得られる膜を $100^\circ\text{C}$ 以上の静磁界もしくは回転磁界中で熱処理すると、ほぼ任意の大きさに異方性磁界の大きさを制御することが出来、かつ膜中の歪みを取り除くことができるため、優れた高周波 $\mu''$ 特性を示す膜を得ることができる。しかし、熱処理温度が $400^\circ\text{C}$ 以上になると粒界拡散が起こり、グラニューラ構造が破壊されてしまい、諸特性は劣化し始める。

【0022】ナノグラニューラー軟磁性膜は、通常スパッタ蒸着法などの物理的成膜法で作製される。しかし組成的にはかなり限定されるが、メッキ法などの化学的成膜法でも作製できる。ナノグラニューラー軟磁性膜を、絶縁物などの異種物質からなる薄膜と交互に積層した多層膜では、磁性層間の静磁結合により軟磁性化が促進し、磁性膜の組成の選択の範囲が広がる。またうず電流損失も

スパッタガス圧	$5 \times 10^{-3} \text{ Torr}$
投入電力	$200 \text{ W}$
基板温度	$25^\circ\text{C}$
基板	Corning #7059 (厚さ $0.5 \text{ mm}$ )
膜厚	$1.0 \sim 2.0 \mu\text{m}$
酸素流量比	$0.0 \sim 1.0\%$
印加磁界	$1000 \text{ e}$ (一対の永久磁石)

【0027】得られる試料の直流磁気特性を試料振動型例を図1に示す。図中の2つのデータは、成膜時の印加磁界に平行(//)、また

は垂直( $\perp$ )に励磁して測定した結果である。高周波磁気特性に大きな影響を及ぼす垂直方向の保磁力は数 $0 \text{ e}$ と小さい。試料は、成膜時の印加磁界方向が容易磁化方向となる $H_k$ を有しており、その大きさは約 $1600 \text{ e}$ である。また、 $B_s$ は $9 \text{ kG}$ を越えていることから、理論上の膜の自然共鳴周波数( $f_r$ )は $3 \text{ GHz}$ 以上になる。さらに膜の $\rho$ が $1,000 \mu\Omega \text{ cm}$ を越えていることから、膜厚に起因する渦電流損失はほとんど無視できる。以上のことから、本発明膜は高周波軟磁性材料として優れた特性を示すことが期待される。

【0028】図2には $3 \text{ GHz}$ まで求めた前記の本発明膜の透磁率の周波数依存性を示す。透磁率の実数部

( $\mu'$ )は $1 \text{ GHz}$ 付近まではほぼフラットであり、それ以上では徐々に増加し、測定限界の $3 \text{ GHz}$ でもまだ共鳴点特有の急峻な落ち込みは観察されない。 $\mu''$ は $\mu'$ と同様に周波数とともに増加し、 $3 \text{ GHz}$ になってもまだ $f_r$ 付近での $\mu''$ の鋭いピークが観察されないことから、 $f_r$ は $3 \text{ GHz}$ 以上であることが分かる。吉田等

更に小さくなるため、大きな $\mu''$ を示す範囲がさらに高周波帯域まで伸びる。

【0023】ナノグラニューラー軟磁性膜の強磁性金属(M)に組成比で $35\%$ 以下のPdやPtを添加すると、軟磁性を示す組成範囲は拡大するとともに、透磁率の周波数特性を制御する異方性磁界が大きくなり、動作周波数の高周波化に寄与する。

【0024】膜厚が $0.1 \mu\text{m}$ 以下になると、吸収効果が極端に小さくなり、遮蔽効果が期待出来なくなる。一方、 $5 \mu\text{m}$ 以上になると、理論上の共鳴周波数が $\text{GHz}$ を越えていても、うず電流損失が大きいために、 $\mu''$ の最大値を示す周波数は $\text{GHz}$ 以下になるので、好ましくない。また、膜厚が $5 \mu\text{m}$ 以上の膜を得るためには、成膜にかなりの時間を要し、経済的に不利であると共に、成膜中に膜表面が発熱し、改質してしまう懸念がある。

【0025】

【実施例】(実施例-1) RFマグネトロンスパッタ装置を用いて、 $\text{Co}_{82}\text{Zr}_{18}$  (原子%) ターゲットを( $\text{Ar} + \text{O}_2$ ) 混合ガス雰囲気中での反応スパッタ法により以下に示す条件で $\text{Co}_{59}$  ( $\text{Zr}_{0.3} \text{ O}_{0.7}$ ) 41 薄膜を作製した。

【0026】

磁力計により測定した。結果の一

成膜時の印加磁界に平行(//)、また

(前述)によれば電磁波の吸収特性は磁性体の膜厚と $\mu''$ との積と一致する。このことから、 $3 \text{ GHz}$ 以上の周波数帯域に $f_r$ を持ち、かつそのときの $\mu''$ が $100$ 以上の大きな値を示す本発明膜は $\text{GHz}$ 帯域での優れた電磁波吸収体であることが分かる。

【0029】得られた $\text{Co}_{59}$  ( $\text{Zr}_{0.3} \text{ O}_{0.7}$ ) 41 膜の伝送特性を線路長 $7.5 \text{ mm}$ 、特性インピーダンス $50 \Omega$ のマイクロストリップ線路上に磁性体を配置して評価した(図3)。伝送特性 $S_{21}$ は材料の遮蔽もしくは吸収効果に対応する。伝送特性は周波数の増加と共に著しく減少し、 $1.5 \text{ GHz}$ 付近で $-30 \text{ dB}$ になる。その後、 $5 \text{ GHz}$ 付近で、共鳴によると考えられる $S_{21}$ の少しの増加が見られるが、全体的には周波数と共に少しずつ減少する。このことから本磁性膜は図2の透磁率の周波数依存性の結果を反映して、約 $1 \text{ GHz}$ 以上の広い周波数帯域で極めて大きな電磁波吸収特性を示す。

【0030】(実施例-2) 実施例-1と同一条件で作

製した $\text{Co}_{58}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{42}$ 膜と、 $\text{SiO}_2$ 膜とを交互に積層し、 $\text{Co}_{58}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{42}/\text{SiO}_2$ 多層膜を作製した。積層回数は4回で、それぞれの膜厚は $\text{Co}_{58}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{42}$ 膜が250nm、 $\text{SiO}_2$ 膜が50nmである。なお、 $\text{Co}_{58}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{42}$ 膜の特性は、 $B_s=8.4\text{ kG}$ 、 $H_k=166\text{ Oe}$ 、 $\rho=1630\text{ }\mu\Omega\text{ cm}$ である。この多層膜の透磁率の周波数特性を図4に示す。 $\mu'$ は図2と同様に1GHzまでほぼフラットであり、その後増加し、測定限界の3GHz付近で100を越える。多層膜化することにより各磁性層の膜厚が薄くなるため、 $\mu''$ はうず電流損失を零として計算した結果と同じ周波数特性を示す。なお、この場合の自然共鳴周波数( $f_r$ )の計算結果は4.2GHzであり、わずかではあるが、単層膜よりは周波数特性が改善する。この結果から実測の $f_r$ はさらに高周波側にシフトしている事が推察でき、その付近の周波数帯域で大きな吸収特性を示す。

【0031】(実施例-3)  $\text{Co}_{85}\text{Si}_{15}$ 合金ターゲットにPdチップ(5x5mm)を張付けた複合ターゲットを用いて、実施例-1と同様の条件で成膜した。得られた $(\text{Co}_{0.8}\text{Pd}_{0.3})_{64}(\text{Si}_{0.2}\text{O}_{0.8})_{36}$ 膜の直流磁気特性を図5に示す。容易磁化方向の $H_c$ はかなり大きい、高周波特性に寄与する困難磁化方向の $H_c$ は2.1Oeと小さい。膜の $\rho$ は1200 $\mu\Omega\text{ cm}$ とかなり大きい。注目すべき結果は $H_k$ の大きさと磁化曲線の形状である。この膜は $H_k=190\text{ Oe}$ の大きな $H_k$ を有し、磁化曲線には異方性の分散がほとんど観察されない。本発明膜は実施例-1の膜以上に大きな $H_k$ を有している事から、さらに高いGHz帯域に共鳴周波数が存在する事が期待され、その付近の周波数帯域で大きな吸収特性を示す。

【0032】(実施例-4) 前記の方法で作製した本発明の薄膜の一部とそれらの諸特性を表1に示す。

【0033】

【表1】

組 成	Bs(kG)	Hc(Oe)	Hk(Oe)	fr(MHz)	$\mu''(f_r)$	$\rho(\mu\Omega\text{cm})$
(本発明)						
$\text{Co}_{59}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{41}$ ( $t=2.1\mu\text{m}$ )	9.1	2.3	152	(3,800)	(480)	1460
$\text{Co}_{65}(\text{Al}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{35}$ (1.8)	10.2	3.0	82	2,400	830	580
$\text{Co}_{58}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{42}/\text{SiO}_2$ (100/20nm)x20	8.8	0.4	148	(3,600)	(510)	1580
$(\text{Co}_{0.8}\text{Pd}_{0.2})_{72}(\text{Si}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{28}$ (2.3)	8.2	0.2	260	(4,400)	(440)	1220
$(\text{Co}_{0.94}\text{Fe}_{0.06})_{68}(\text{Mg}_{0.4}\text{F}_{0.6})_{32}$ (2.0)	9.6	1.2	68	1,800	920	420
$(\text{Co}_{0.94}\text{Fe}_{0.06})_{64}(\text{Sm}_{0.4}\text{O}_{0.6})_{36}$ (1.4)	9.2	2.2	98	(3,200)	(790)	860
$(\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2})_{82}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{38}$ (1.8)	9.4	2.0	60	1,400	880	620
$(\text{Co}_{0.9}\text{Pt}_{0.1})_{60}(\text{Si}_{0.2}\text{O}_{0.8})_{40}$ (1.7)	8.6	1.2	220	(4,200)	(420)	1,310
$\text{Co}_{59}(\text{Hf}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{41}$ (1.9)	9.0	2.6	72	2,200	690	870
$(\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1})_{70}(\text{Al}_{0.2}\text{N}_{0.3})_{30}$ (2.1)	11.8	1.4	48	1,200	1,040	380
(比較例)						
$\text{Co}_{82}\text{Nb}_{10}\text{Zr}_8$ アモルファス(1.2 $\mu\text{m}$ )	9.0	0.1	20	1,100	890	120
パーマロイ (2)	7.8	0.4	5	4	240	30
センダスト (1.5)	9.4	1.2	—	—	—	78

【0034】表1に示した試料は、いずれも請求項記載の組成範囲の膜である。表中の()で示している数字は、共鳴周波数が評価装置の周波数限界を越えてしまうために計算で求めた結果である。従来の高周波軟磁性薄膜材料と比較して、本発明膜は $H_k$ と $\rho$ とが著しく大きいという、特徴を有している。その結果、いずれの膜も共鳴周波数がGHz帯域にあり、かつ共鳴周波数での $\mu''$ はいずれも100を越えている。

【0035】[比較例] 比較のため、強磁性微粉末をポリマー中に高密度に分散させた複合磁性シート(市販の電磁波吸収体)、フレキシールド(TDK製)を実施例

1と同様の方法で、その伝送特性を評価した(図6)。本発明の $\text{Co}_{59}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{41}$ 軟磁性膜(膜厚が約2 $\mu\text{m}$ )は1GHz付近から大きな吸収特性を示すのに対して、図6から明らかなように、フレキシールドの吸収特性は膜厚が約400 $\mu\text{m}$ を有しているにもかかわらず、周波数と共に少しずつ増大し、6GHz付近で $\text{Co}_{59}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{41}$ 膜の2GHz付近の結果とほぼ同レベルの約-30dBに達する。先に述べたように、吸収特性は透磁率の虚数部と膜厚との積で表されるので、 $\text{Co}_{59}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{41}$ 膜の膜厚がフレキシールドの膜厚の200分の1以

下であるにもかかわらず、フレキシールドの数倍の吸収特性を示すことから、 $\text{Co}_{59}(\text{Zr}_{0.3}\text{O}_{0.7})_{41}$ 膜はフレキシールドの数100倍の電磁波吸収特性を有していることがわかる。

#### 【0036】

【発明の効果】本発明の電磁波吸収膜はHk、Bs及びρが共に大きく、GHz帯域で大きな透磁率の虚数部を示すため、その周波数帯域で優れた電磁波吸収特性を示すナノグラニューラー軟磁性膜からなる。また、ナノグラニューラー軟磁性膜の合金組成を選択することにより、膜のHkとBsの大きさを、かなりの広い範囲で随意に変えることができる。このことは、膜のfrを随意に変えることが出来ることを意味し、そのために、各種の磁気デバイスのGHz周波数帯域において優れた電磁波吸収特性を有する薄膜を容易に提供することが可能となる。さらに、本発明の電磁波吸収膜は薄膜であるため、放熱

が容易で、また電子デバイスの作製プロセス中に成膜が出来るなどの特長があり、GHz帯域における優れた電磁波吸収膜として、その工業的意義は大きい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の合金薄膜の直流磁気特性を示す図である。

【図2】本発明の合金薄膜の透磁率の周波数依存性を示す特性図である。

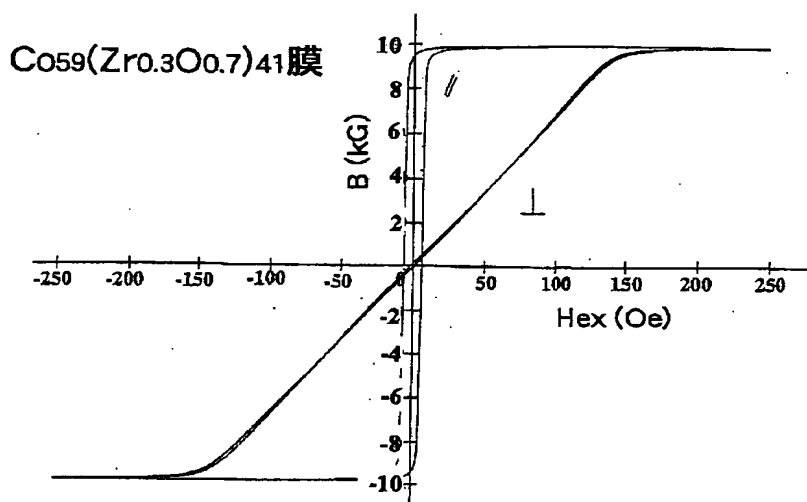
【図3】本発明の合金薄膜の伝送特性の周波数特性を説明するための特性図である。

【図4】本発明の合金薄膜の透磁率の周波数特性を説明するための特性図である。

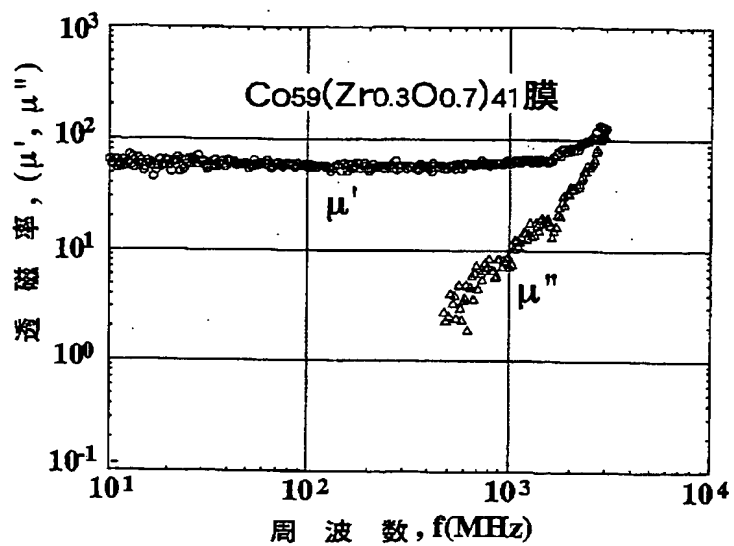
【図5】本発明の合金薄膜の直流磁気特性を説明するための特性図である。

【図6】比較例として、市販フレキシートの伝送特性の周波数依存性を示す特性図である。

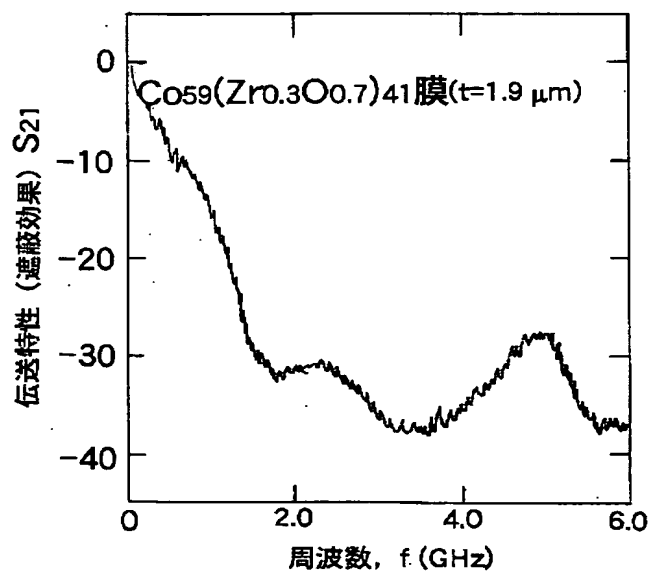
【図1】



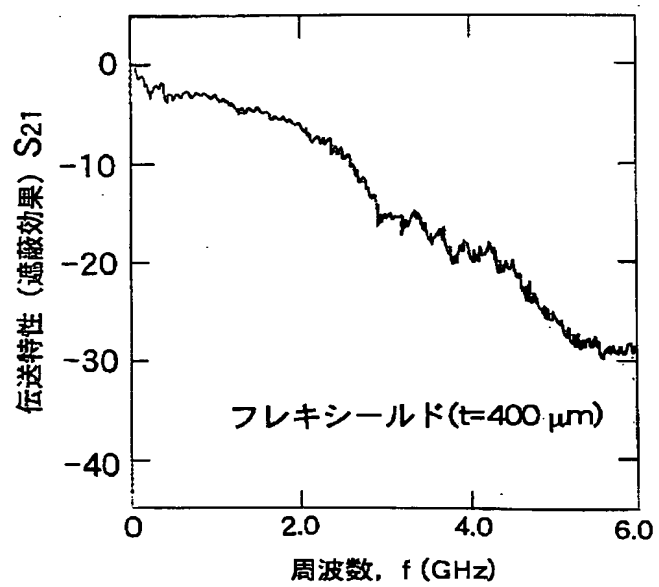
【図2】



【図3】

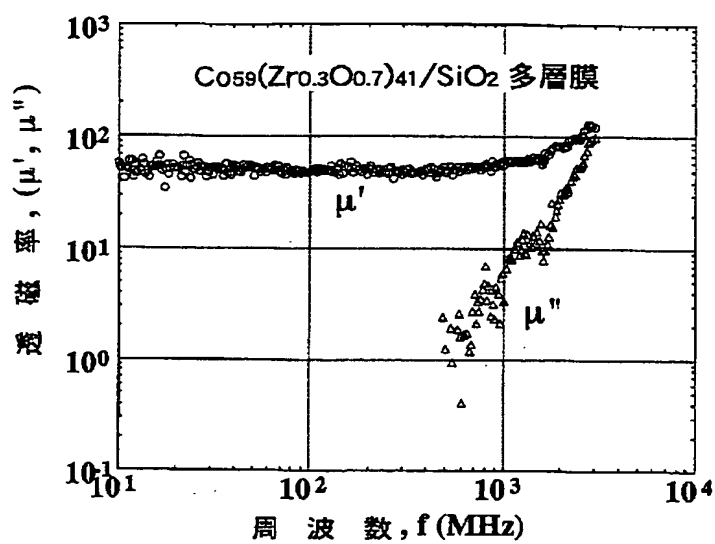


【図6】





【図 4】



【図 5】

